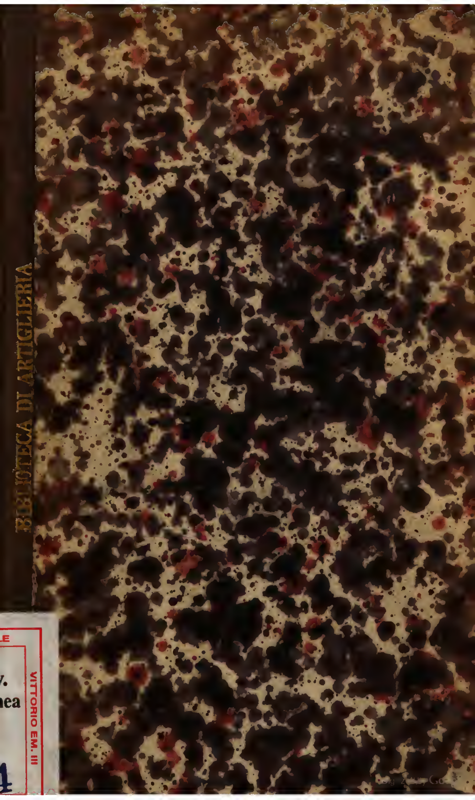
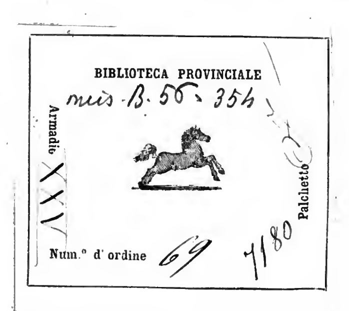

BIBLIOTECA DI ARTIGLIERIA
VITTORIO EM. III



BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EM. III NAPOLI
B. Prov.
Miscellanea
B
56
354





Digitized by Google

G78 863.

MÉMOIRE

SUR

LES FUSÉES DE SURETÉ

EMPLOYÉES EN ANGLETERRE

POUR LE TIRAGE A LA POUDRE.

PAR M. LE CHATELIER,
INGÉNIEUR DES MINES.

(*Extrait du Tome IV des Annales des mines*, 1843.)



PARIS.
CARILIAN-GOEURY ET Vor DALMONT,
LIBRAIRES DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,
Quai des Augustins, 39 et 41.

C. 65.



PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Cᵉ,
Successeurs de Fain et Thunot, rue Racine, 28, près de l'Odéon.

Digitized by Google

MÉMOIRE

Sur les fusées de sûreté employées en Angleterre pour le tirage à la poudre.

Par M. LE CHATELIER, Ingénieur des mines.

Les fusées de sûreté ont été inventées dans le comté de Cornwall, par William Bickford, et de là elles se sont répandues dans toute l'Angleterre, où leur usage est devenu général. La patente accordée à William Bickford est en date du 6 septembre 1831; sa fabrique, qui alimente toute la Grande-Bretagne et les mines anglaises au Mexique, au Pérou, au Chili et en Italie, est établie à Camborne, dans le Cornwall, et exploitée sous la raison Bickford, Smith et Davey. Une succursale a été établie depuis quatre années environ en Amérique. Cette ingénieuse invention résume les perfectionnements les plus importants apportés à l'opération du tirage à la poudre. Exposé.

M. Combes, qui avait vu ces fusées en usage dans le Cornwall en 1833, et en avait rapporté quelques échantillons, les a fait connaître par un passage de son mémoire sur l'exploitation des mines du Cornwall et du Devon, *Annales des mines*, tome V, page 348, et par un extrait du *London Journal and Repertory*, du mois de décembre 1835, qu'il a inséré dans le tome X des *Annales des mines*, page 348; depuis cette époque, il les a décrites chaque année dans son cours d'exploitation. Introduction des fusées en France.

Jusqu'à l'année 1842, à ma connaissance, deux Premiers essais.

tentatives seulement avaient été faites en France pour leur introduction dans les mines : à la mine de Poullaouen, où leur emploi ne s'est pas généralisé pour plusieurs motifs qui seront indiqués plus loin, et à la mine de houille de Languin, près de Nantes, exploitée pendant ces dernières années par une compagnie et des ouvriers anglais, qui avaient apporté avec eux les procédés de leur pays, et employaient couramment les fusées pour le tirage à la poudre, malgré les difficultés très-grandes que présentait leur importation en France. Un essai fort incomplet que j'avais eu l'occasion de faire en 1841, dans les carrières d'ardoises d'Angers, aurait probablement déterminé leur adoption immédiate sur cet important groupe d'exploitations, si elles avaient été dès cette époque répandues dans le commerce.

Fabrication en France.

Au moment où M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics me chargeait de lui adresser une notice détaillée sur l'emploi et la préparation des fusées de sûreté, dont il désirait voir l'usage se propager en France, les fabricants anglais, après avoir pris un brevet d'importation, établissaient un dépôt à Rouen, et se mettaient en mesure de créer une fabrique dans cette ville. Cette fabrique est maintenant en activité et peut produire des quantités considérables de fusées (1).

Description de la fusée.

La fusée de sûreté (safety fuse) se compose essentiellement d'une corde en chanvre ou en coton dont l'âme est formée par un filet continu

---

(1) Le dépôt général est à la fabrique sise aux Chartreux, près Rouen, et exploitée sous la raison sociale Bickford, Davey et Cie. — Un dépôt spécial est établi chez M. Chanu fils, rue des Panoyaux, 16, à Ménilmontant, près Paris.

de poudre fine; elle est recouverte d'un ruban roulé en hélice à la surface, et protégée contre l'action de l'humidité par un enduit de goudron ou de résine. On fabrique deux sortes de fusées : dans la fusée ordinaire (common fuse) pour le tirage à la poudre dans les terrains secs, la corde est formée de 9 fils de chanvre ou de coton enroulés de gauche à droite en hélices parallèles et jointives autour de l'âme en poudre qu'ils serrent fortement : le ruban extérieur est formé de 5 fils plus fins que les précédents, enroulés de droite à gauche en hélices juxtaposées, mais non jointives; les premières hélices sont inclinées de 30° sur l'axe, et les dernières de 45° environ, les vides laissés entre celles-ci sont remplis par le goudron qui forme un enduit général et imbibe en partie les premiers fils sans pénétrer jusqu'à la poudre. Cet assemblage forme un tout flexible, mais d'une grande dureté, qu'une pression considérable ne pourrait pas écraser et qu'une pierre anguleuse et dure, chassée par un choc violent, couperait difficilement.

Pour le tirage sous l'eau ou dans des roches aquifères, on fabrique des fusées spéciales (sump fuse) en recouvrant la fusée ordinaire d'un ruban semblable à celui qui a été décrit plus haut, enroulé en sens inverse ou dans le même sens, le tout enduit de goudron à plusieurs reprises; quelquefois même on intercale entre les deux rubans composés de fils juxtaposés un ruban ordinaire goudronné.

Les fusées renferment 11 à 12 grammes de poudre par mètre courant. Deux échantillons de poudre analysés à l'École des mines ont donné approximativement les dosages suivants : Composition de la poudre.

	Fusées ordinaires.	Fusées spéciales
Nitre.	73,00	77,00
Charbon.	15,50	13,50
Soufre.	11,50	9,50
Total. . .	100,00	100,00

Ces différences de composition correspondent à des différences de qualité reconnues par les fabricants anglais entre les deux sortes de poudre qu'ils achètent au commerce.

Principes de la fabrication. Je me contenterai d'indiquer ici le principe de cette fabrication sur laquelle on trouvera de plus amples renseignements dans le brevet d'importation pris en 1842 par le mandataire de la compagnie Bickford, Smith et Davey.

La machine se compose essentiellement d'une trémie conique fixe, portée par des supports en fonte et remplie de poudre. La trémie est en contact par sa base inférieure avec la grande base d'un tronc de cône mobile, percé suivant son axe d'un trou conique formant entonnoir, et sur plusieurs points de la base de trous disposés sur une même circonférence et venant déboucher sur la petite base très-près du trou central; cette pièce porte les bobines sur lesquelles sont enroulés les fils de chanvre destinés à former la corde. Les fils passent dans les trous distribués symétriquement sur une même circonférence autour de l'entonnoir, viennent converger à leur sortie et forment un faisceau qui se courbe à angle droit sur une poulie de renvoi; la poudre, dont l'écoulement est réglé par la trémie, tombe en filet continu et tend à remplir le vide conique que laissent entre eux les fils convergents; on imprime un mouvement de rotation rapide au tronc de cône qui entraîne avec lui les bobines; les fils se tordent et se

commettent en enveloppant la poudre que la trémie débite d'une manière continue. La corde ainsi fabriquée est ensuite recouverte d'un ruban qui l'empêche de se détordre et enduite de goudron. (La *fig.* 15 de la *Pl. IX* du tome X des *Annales des mines*, 3e série, quoique fort incomplète, facilitera l'intelligence des détails qui précèdent.)

La corde, fabriquée en France, est coupée par portions de 10 mètres, et enroulée en paquets semblables aux bottes de fil de fer.

Prix des fusées.

Cette fabrication, très-simple en principe, a présenté dans le commencement de très-grandes difficultés de détail, que MM. Bickford et compagnie sont parvenus à surmonter complétement; les produits qu'ils livrent maintenant au commerce sont d'une exécution parfaite. En Angleterre les fusées se vendent à la fabrique 7 pence ($0^f,728$) le paquet de 24 pieds anglais ou de $7^m,20$ de longueur, soit $0^f,10$ le mètre courant. En France le prix est fixé à 1 fr. par paquet de 10 mètres pour les fusées ordinaires, et à $1^f,50$ pour les fusées destinées au tirage sous l'eau, soit $0^f,10$ le mètre courant pour les premières et $0^f,15$ pour les dernières. Le prix élevé de la poudre de chasse, s'il était nécessaire de l'employer pour cette fabrication, augmenterait en France le prix de revient du mètre de $0^f,05$ (1).

Emploi des fusées.

L'usage des fusées de sûreté s'est rapidement propagé en Angleterre, où il est devenu presque général dans toutes les exploitations bien enten-

(1) Une des conditions essentielles que doit remplir la poudre pour cette fabrication est d'être fine et lisse; parmi les poudres que l'on trouve dans le commerce en France, il n'y a que la poudre de chasse qui remplisse cette condition, et c'est pour cela que les fabricants l'a-

dues; il serait vivement à désirer, dans l'intérêt de l'humanité, qu'il se répandît également en France, où l'exécution des grands travaux publics dans lesquels le tirage à la poudre est nécessairement exécuté par des ouvriers moins exercés que les mineurs, est une cause fréquente d'accidents déplorables.

La fusée remplace les amorces ordinaires ou canettes formées de tuyaux de paille ou de cornets de papier remplis de poudre, et tient dans la bourre la place de l'épinglette, dont elle détermine la suppression complète; elle se prête parfaitement à l'emploi des cartouches, dont l'usage est recommandé dans tous les cas.

En Angleterre, lorsque le trou de mine est fortement incliné de haut en bas, l'ouvrier commence par y verser la moitié de la charge, il introduit ensuite dans le trou un bout de fusée d'une longueur suffisante pour qu'il reste quelques centimètres en saillie au-dessus de l'orifice du trou, il verse ensuite le reste de la poudre, met une bourre en papier et achève de bourrer le trou en y tassant fortement, avec le bourroir ordinaire, des débris de roches tendres, d'argile durcie ou de briques concassées; lorsque le trou est horizontal ou renversé il laisse la poudre enfermée dans la cartouche, dans laquelle le bout de la fusée a été introduit jusqu'au tiers ou à la moitié de sa longueur; il fixe ensuite la fusée à la cartouche en rabattant le papier tout autour, et

vaient adoptée d'abord; mais ils ont constaté qu'il était possible d'employer la poudre de guerre et même celle de mine réduite en grains fins et lissée, et c'est sur l'emploi de cette dernière que sera basée leur fabrication.

faisant une ligature avec un bout de ficelle. La cartouche est poussée au fond du trou avec la curette ou le bourroir, et la bourre est tassée pardessus, il convient dans tous les cas de tasser sur la cartouche ou sur la bourre de papier une pelote d'argile molle, qui intercepte toute communication avec la poudre et empêche les étincelles qui peuvent jaillir sous le choc du bourroir de l'enflammer. L'emploi des cartouches est indispensable dans le procédé ordinaire, pour diminuer autant que possible le nombre des accidents; quoique moins nécessaire avec les fusées de sûreté qui ne laissent entre elles et la bourre aucun interstice, on ne saurait trop recommander aux directeurs de travaux à la poudre d'en exiger l'emploi de leurs ouvriers.

Moyen particulier pour attacher la fusée à la cartouche.

En décomposant une fusée pour en reconnaître la structure, j'ai été conduit naturellement à un moyen très-simple pour la souder à la cartouche, je l'ai toujours employé avec succès; il consiste à dérouler le ruban goudronné qui enveloppe la corde sur une longueur de 6 à 7 centimètres ou mieux deux ou trois des cinq fils qui forment ce ruban, à loger la corde ainsi dégagée de son enveloppe dans la cartouche, de telle sorte qu'elle plonge d'environ 5 centimètres dans la poudre; on applique la corde sur la paroi intérieure de la cartouche, on rabat les bords sur la corde et pardessus le papier, on enroule le ruban goudronné en le serrant fortement; le goudron, ramolli par la chaleur de la main, se soude sur le papier et sur lui-même, et la ligature ainsi formée est tellement solide qu'on ne peut arracher la fusée qu'en déchirant la cartouche sur toute sa circonférence. Par ce moyen on évite d'enfoncer dans

la poudre ou dans la cartouche une longueur de fusée aussi grande que par le procédé que j'ai indiqué d'abord. Lorsque le tassement de la poudre s'effectue par l'application de la première bourre, la fusée est entraînée par la cartouche, et ne peut se séparer de la poudre, comme cela arriverait nécessairement, si elle était trop courte et n'était pas solidement fixée au papier.

Différents moyens pour mettre le feu à la cartouche.

Pour mettre le feu, on peut à volonté allumer directement la poudre ou l'enveloppe de la fusée; dans le premier cas on émèche le bout de la corde en déroulant d'abord le ruban extérieur et ensuite la corde de manière à laisser la poudre apparente; on allume directement la poudre avec la flamme de la chandelle ou de la lampe, ou lorsqu'on travaille à ciel ouvert avec un morceau d'amadou incandescent ou une mèche soufrée. Dans le second cas, on déroule l'extrémité du ruban goudronné, on y met le feu, et la poudre ne s'enflamme que lorsque l'enveloppe de chanvre et de goudron est en partie brûlée; on peut encore, après avoir éméché la corde, mettre le feu à l'extrémité des fils de chanvre, la poudre ne tarde pas à s'enflammer; il n'est pas nécessaire que ces fils brûlent avec flamme, un seul fil en ignition peut communiquer le feu à la poudre.

Vitesse de combustion de la fusée.

Une fois que la poudre est enflammée, elle brûle graduellement et finit par mettre le feu à la charge. On annonce que la fusée serrée par la bourre, brûle avec une vitesse de $0^m,50$ par minute. Cette vitesse est du reste d'autant moindre que la bourre est plus fortement tassée. La vitesse est beaucoup plus grande lorsqu'elle est entièrement libre, je l'ai trouvée égale à $1^m,25$ environ. En augmentant au besoin la longueur de la por-

tion de fusée en saillie en dehors du trou, l'ouvrier peut se donner tout le temps nécessaire pour se mettre à l'abri des effets de l'explosion; mais dans presque tous les cas il suffit de laisser seulement quelques centimètres en saillie en dehors du trou. A l'air libre, la fusée ne laisse en brûlant que des cendres, mais dans la bourre elle laisse une masse de charbon dure et compacte, dans l'intérieur de laquelle il ne reste qu'un canal, ayant au plus un millimètre de diamètre, obstrué par des matières fuligineuses; il résulte de là que ce petit canal, analogue à la lumière des armes à feu, qui occasionne nécessairement une perte d'effet utile dans le tirage à l'épinglette, peut être considéré comme presque nul dans les fusées.

Précautions à prendre.

Il est essentiel, comme dans le procédé actuel, de ne pas bourrer avec des débris de roches dures et anguleuses, pour éviter de couper la fusée, ce qui empêcherait la mine de s'allumer. Cette précaution, indispensable dans tous les cas et surtout avec les épinglettes en cuivre, n'ajoute pas une difficulté à l'emploi du nouveau procédé. C'est en partie l'emploi de fragments anguleux et de grosseur assez notable de roches quartzeuses, qui a fait renoncer, à Poullaouen, à l'usage des fusées, elles se trouvaient coupées et ne transmettaient pas le feu à la charge; cependant le principal motif a été l'altération que les fusées avaient éprouvé dans le transport par mer et la difficulté de leur introduction à la douane.

Dans le cas le plus général du tirage dans un rocher sec, la cartouche se fait en papier comme à l'ordinaire; dans les roches aquifères, ou pour le foncement des puits, on se servait d'abord dans le Cornwall de cartouches en toile goudronnée, pré-

parées à l'avance, maintenant on se sert exclusivement de cartouches faites en gros papier graissé; dès que la cartouche est recouverte d'une pelote d'argile on peut laisser noyer le trou sans inconvénient.

Avantages des fusées du sûreté.

Les avantages que l'on retire de l'emploi des fusées de sûreté sont de deux sortes : *sécurité pour les ouvriers*, *économie sur l'ensemble des frais du tirage à la poudre.* A côté de ces avantages elles présentent au premier abord quelques inconvénients auxquels il est facile de remédier dans tous les cas et qui ne sont qu'apparents.

Sécurité pour les ouvriers.

Dans le tirage à l'épinglette, plusieurs causes peuvent amener des accidents très-fréquents, qui entraînent la mort des ouvriers, et, dans tous les cas, occasionnent des blessures très-graves. Ces accidents sont surtout fréquents dans les travaux publics, tels que les percements de tunnels ou déblais en rocher pour les routes, les canaux et les chemins de fer, l'exploitation des matériaux durs pour l'empierrement des routes, et dans les exploitations de carrières, travaux qui sont exécutés généralement par des ouvriers inexpérimentés. Le coup de mine part souvent pendant l'opération du bourrage, parce qu'une étincelle jaillit sous le choc du bourroir contre les parois du trou et les matières mêmes de la bourre, atteint la poudre et l'enflamme inopinément; le frottement de l'épinglette contre le rocher ou la bourre, soit en faisant jaillir des étincelles, soit en dégageant assez de chaleur pour allumer la poudre, peut déterminer l'explosion; les épinglettes en cuivre, quoique moins dangereuses que celles en fer, ne peuvent pas cependant mettre à l'abri de tout accident, on cite même l'inflammation d'une mine

déterminée par une épinglette en baleine. Il arrive quelquefois que le coup tarde à partir, soit parce que la lumière se trouvant bouchée à sa partie inférieure par le papier de la cartouche ou de la bourre, celui-ci s'enflamme et finit par transmettre le feu à la charge, soit parce que la mèche de soufre ou d'amadou qui doit mettre le feu à la canette a mis plus de temps à brûler que l'ouvrier ne l'avait supposé, soit parce que la poudre de la charge ou celle de l'amorce est humide; si l'ouvrier, toujours impatient de reconnaître l'effet de son travail, revient trop tôt, l'explosion peut avoir lieu au moment où il arrive et le rendre victime de son imprudence. Enfin l'ouvrier, par un faux mouvement ou par une erreur toujours possible sur la durée de la combustion de l'amorce, peut mettre le feu à la canette et faire partir la mine avant d'avoir eu le temps de se retirer. En faisant usage de la fusée on se met d'une manière à peu près complète à l'abri de tous ces accidents : lorsque la poudre est enfermée dans une cartouche, il est très-difficile qu'une étincelle puisse l'enflammer même avant l'interposition de la première bourre, et dès que celle-ci a été placée l'inflammation devient impossible, une étincelle ne pouvant pas mettre le feu à la fusée. L'épinglette étant supprimée, la seconde cause d'accidents n'existe plus. Lorsque la mèche a été allumée et que la poudre a pris feu, rien ne peut arrêter sa combustion, si elle n'a pas été coupée, auquel cas la mine ne part pas du tout; l'explosion ne peut être retardée que d'une fraction de minute par le degré de compression plus ou moins grand qu'éprouve la fusée; enfin l'explosion ne peut pas être subite, la combustion de

la poudre dans la fusée n'ayant lieu que d'une manière graduelle et lente. Il n'y a que le cas où l'ouvrier ferait une chute et ne pourrait pas s'éloigner à temps, ou bien tomberait de la tonne qui doit l'enlever s'il travaille au fond d'un puits, dans lequel l'explosion pourrait l'atteindre; il ne lui resterait pas la chance d'enlever ou d'éteindre l'amorce avant l'inflammation de la poudre. Il faut remarquer en outre que les mines ne ratent jamais ou presque jamais; les ouvriers ayant toujours l'imprudence de débourrer les trous de mine qui n'ont pas fait explosion, pour ne pas perdre le fruit de leur travail, s'exposent ainsi à de graves accidents; il arrive souvent alors, quand ils n'ont pas soin de noyer la poudre, qu'en frappant sur la bourre pour la désagréger ils font jaillir des étincelles qui mettent le feu à la charge. Ils seront moins exposés à cette cause de danger avec les fusées, puisqu'ils auront moins souvent l'occasion de débourrer des mines. Enfin ils peuvent également, dans l'ancien procédé, déterminer l'explosion lorsqu'ils repassent l'épinglette dans la lumière pour rétablir le passage qui se trouve souvent intercepté; rien de semblable ne peut arriver avec la fusée.

Témoignages en faveur des fusées.

Les causes ordinaires d'accidents disparaissent lorsqu'on emploie les fusées. Toutes les personnes qui ont eu l'occasion de les employer sont d'accord sur l'immense avantage qu'elles présentent pour la sécurité des ouvriers. M. Combes, dans son Traité encore inédit sur l'exploitation des mines, qu'il a eu l'obligeance de me communiquer et auquel j'ai fait de nombreux emprunts pour tous les détails du tirage à la poudre, s'exprime ainsi : « Depuis quelques années on fait

» usage, dans presque toutes les mines du comté
» de Cornwall, de petites cordes tressées, conte-
» nant dans l'âme une traînée de poudre fine.
» M. John Taylor, dont tout le monde connaît la
» grande expérience, a déclaré devant le comité
» de la chambre des communes chargé, en 1835,
» de l'enquête sur les accidents qui arrivent
» dans les mines, que l'usage de ces cordes avait
» diminué de beaucoup le nombre des accidents
» dans le tirage à la poudre, et qu'elles devaient
» être considérées comme un perfectionnement
» d'une très-haute importance. »

M. Ruelle, ingénieur des ponts et chaussées, chargé par M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics d'essayer les fusées de sûreté dans le souterrain de Lioran (Cantal), dont il dirige les travaux, s'exprime ainsi dans son rapport du 31 janvier 1843 : «Nous reconnaissons en principe, et les
» mineurs travaillant à la percée ont été promptement
» ment convaincus que ces fusées présentent
» de grands avantages pour la sûreté des ouvriers
» et la facilité de la charge; aussi nous pensons
» que dans toutes les exploitations de rocher à l'air
» libre, dans les souterrains de petite section suf-
» fisamment aérés, et surtout au milieu des roches
» aquifères, leur emploi est bien préférable à ce-
» lui de l'épinglette, et doit être prescrit. »

M. Rolland, directeur de la mine de houille de Layon-et-Loire (Maine-et-Loire), chargé d'un essai du même genre, formule ainsi son opinion :
« Quant à la sécurité que présente l'emploi des
» fusées de sûreté pour charger la mine, elle est
» incontestablement supérieure à celle présentée
» par l'emploi des épinglettes en cuivre. En effet,
» quand on a bien soin de réunir toute la poudre

» au fond du trou au moyen d'une petite pelote » d'argile, il n'y a aucune raison pour qu'en » bourrant la mine il puisse y avoir explosion. »

A ces témoignages je pourrais joindre celui des ingénieurs anglais qui ont adopté avec empressement les fusées de sûreté (voir les notes A, B, C et D); mais la meilleure preuve de leur utilité est dans la progression rapide que leur fabrication a éprouvée en Angleterre (1).

Nombre des accidents.

D'après les relevés officiels, dans toutes les mines de France, il y a eu en 1841 6 ouvriers tués et 35 blessés par l'explosion des mines; le nombre d'accidents non constatés dans les carrières où l'on exploite des matériaux pour les constructions particulières ou l'entretien des routes et dans les travaux publics, est certainement beaucoup plus considérable; on peut admettre, sans crainte d'exagération, que le nombre des ouvriers tués et blessés est quintuple dans ces travaux, et que le nombre total des victimes s'élève chaque année à 30 pour les tués et 250 pour les blessés. Ces accidents cesseraient de décimer annuellement la population ouvrière employée à ces dangereux travaux, si l'usage des fusées devenait général en France. L'administration doit donc faire tous ses efforts pour propager cette utile invention.

(1) En représentant par 8 la quantité livrée au commerce en 1832, première année de la vente, on devra la représenter par 38 en 1836, et par 103 en 1842. Le gouvernement anglais a consommé pour ses travaux dans l'Inde, à Gibraltar, etc., 379.556 pieds anglais de fusées en 1841, 1842 et pendant le premier trimestre de 1843. L'une des principales mines du Cornwall (Fowey consols mines) en a consommé 334.800 pieds en 1842.

Les avantages économiques qu'il est possible de retirer de l'emploi des fusées de sûreté sont peut-être moins évidents que ceux qui en résultent pour la sûreté des ouvriers. Il est certain cependant qu'en apportant au tirage à la poudre toutes les modifications que comporte ce nouveau procédé, on doit arriver à une réduction notable dans les frais d'abattage, sinon en réduisant la dépense de chaque trou de mine, du moins en diminuant le nombre des coups de poudre nécessaires pour abattre une masse déterminée de rocher. **Avantages économiques.**

Dans le tirage à la poudre l'action de cet agent énergique dépend de la pression initiale des gaz résultant de la combustion rapide, presque instantanée; dès que la roche a commencé à se fissurer, l'effet est produit et la projection des débris au loin n'est qu'un accessoire tout à fait inutile, résultant de l'excédant du travail moteur développé par la poudre; il semble donc qu'on pourrait diminuer considérablement la consommation ordinaire en la restreignant à ce qui serait strictement nécessaire pour déterminer une pression capable de faire fissurer les roches sans en projeter les débris. Mais dans le procédé actuel il existe une cause inévitable de perte d'effet utile : le trou cylindrique laissé dans la bourre par l'épinglette lorsqu'on la retire, forme une lumière de dimension très-notable (son diamètre est quelquefois égal à $0^m,010$), surtout dans les trous de mine à un homme dont le diamètre ne dépasse pas 0,03; lorsque la poudre prend feu avant que l'inflammation se soit propagée dans toute la masse, ce qui a lieu pour la poudre de mine dans un intervalle de temps très-court, mais très-appréciable puisqu'il arrive presque toujours que des grains de **Effet nuisible de l'épinglette.**

poudre intacts sont projetés par l'explosion, une partie des gaz s'échappe par la lumière; la pression, en raison de la quantité de poudre consommée, ne peut pas arriver à un degré aussi élevé que si l'espace qui renferme la poudre était hermétiquement fermé; on voit souvent, malgré le refroidissement que les gaz éprouvent dans leur passage à travers un canal très-étroit, un jet de flamme jaillir par le trou de l'épinglette au moment où l'explosion se produit. Il faut alors mettre un excès de poudre assez grand pour que la masse de gaz condensés dans la capacité qu'occupait la poudre soit suffisante pour déterminer la pression nécessaire à la rupture. On conçoit facilement que plus la qualité de la poudre sera mauvaise, et par conséquent plus la vitesse d'inflammation sera petite, plus l'influence nuisible de la lumière sera grande, et plus il faudra augmenter la charge. L'existence d'une issue laissée par l'épinglette dans la bourre est donc une cause notable de perte de gaz et par conséquent d'effet utile; cette perte sera d'autant plus grande, toutes choses égales d'ailleurs, que le trou de l'épinglette sera plus large et moins long. Les considérations qui précèdent suffisent pour rendre compte de la répugnance que les mineurs, travaillant à prix fait, ont toujours montrée pour les épinglettes en cuivre, dont le diamètre est nécessairement plus grand que celui des épinglettes en fer.

La fusée ne laisse pas de lumière.

La condition la plus favorable pour tirer de la poudre le plus grand effet utile possible serait la suppression complète du trou de l'épinglette. Cette condition se trouve réalisée d'une manière très-satisfaisante par l'emploi des fusées de sûreté; les fusées ordinaires n'ont que $0^m,004$ à $0^m,005$ de

diamètre ; en brûlant dans l'intérieur de la bourre, elles laissent une sorte de coke résultant de la carbonisation du chanvre et du goudron, et le canal intérieur qui contenait la poudre et dont le diamètre est de 0m,002 au plus, reste obstrué par le gonflement de la masse carbonisée et par les matières fuligineuses qui proviennent de la combustion de la poudre et de son enveloppe. Il en résulte qu'au moment de l'explosion, si le rocher n'est pas naturellement fissuré, il faut qu'il se déchire ou que la bourre soit projetée complétement. En outre, la fusée, au lieu d'allumer la poudre à la partie supérieure de la charge, porte au milieu de la poudre un jet de flamme intense qui doit déterminer une inflammation plus prompte, et par suite, en donnant naissance dans le premier instant à une quantité plus considérable de gaz, doit augmenter l'effet de la poudre sur le rocher.

L'économie dans la consommation de poudre peut être admise à priori, et, pour mon compte particulier, je crois que l'on peut accepter le chiffre de 20 à 25 pour 0/0 de réduction, que MM. Bickford, Smith et Davey annoncent dans leurs prospectus. Il est vrai que dans l'introduction des fusées de sûreté en Angleterre on a pu, indépendamment de l'amélioration apportée au mode d'amorçage, perfectionner l'ensemble du procédé en faisant sur la quantité de poudre mise dans chaque charge, une réduction qui aurait pu être faite en partie sans aucun inconvénient avant leur emploi ; mais il n'est pas probable qu'il en ait été ainsi, on doit croire plutôt que les mineurs ont continué à prodiguer la poudre comme par le passé, et que l'économie résulte d'une augmen-

tation d'effet. Quand bien même l'introduction des fusées aurait été le signal d'une réforme générale, il ne doit pas moins leur rester une large part dans l'économie de poudre que l'on signale.

Résultats d'expériences.

A l'appui de cette assertion je puis joindre quelques résultats d'expériences, incomplètes à la vérité, mais utiles cependant pour faire voir jusqu'à quel point on peut espérer réduire la consommation actuelle. Dans une plâtrière des environs de Paris j'ai fait jouer avec les fusées plusieurs mines, en retranchant de la cartouche faite à l'avance pour le tirage à l'épinglette 1/3 de la poudre qu'elle renfermait, les ouvriers ont reconnu que l'effet produit avait été le même (l'épinglette en fer avait au plus $0^m,005$ de diamètre et la bourre avait au moins $0^m,60$ de longueur). A Angers, dans la carrière d'ardoise souterraine des *Grands-Carreaux*, aux propriétaires de laquelle j'avais fait remettre pour essai des échantillons de fusées et qui depuis les ont exclusivement adoptées pour le travail courant, on se règle maintenant pour la confection des cartouches sur une réduction d'un tiers dans la charge; des essais comparatifs faits avec intelligence par M. Wolski, garde-mines du département de Maine-et-Loire, essais qui malheureusement n'ont pas pu être assez multipliés, ont fait voir que la réduction pouvait aller jusqu'à 2/5 (le diamètre de l'épinglette en cuivre est de $0^m,009$ à $0^m,010$); M. Wolski, après avoir observé pendant quelque temps le tirage à la poudre dans cette carrière par les deux procédés, a reconnu que, lorsque la bourre sautait sans que le rocher se déchirât (cette circonstance, qui se reproduit assez fréquemment, prouve que les ouvriers ne mettent pas un excès de poudre), la dé-

tonation était également forte dans les deux cas, et en rapport avec la quantité de poudre employée et la profondeur du trou; que lorsque la mine faisait son effet, celle qui avait été amorcée avec une fusée ne produisait qu'un bruit sourd semblable à celui d'un coup de marteau, tandis que la mine amorcée avec un chalumeau de paille produisait une détonation semblable au bruit d'un coup de fusil; que, dans le premier cas, lorsque la partie saillante de la fusée avait brûlé, on ne voyait plus que la fumée produite par la combustion progressive de la poudre, tandis que, dans le second cas, après le dégagement de fumée résultant de la combustion de l'amorce, on voyait très-distinctement un jet de flamme sortir du trou de l'épinglette avant l'explosion, qu'en outre la tête de la bourre et une partie du rocher à l'orifice du trou se trouvait déchirée; ce dernier fait semble prouver que les gaz comprimés qui s'échappent par la lumière tendent à détruire la solidité de la bourre, en enlevant les parties supérieures. M. Wolski, après avoir choisi deux bancs de pierre dans des circonstances aussi semblables que possible, a fait percer à la base de chacun d'eux trois trous de mine horizontaux de 0^{m},035 de diamètre et 0^{m},70 de profondeur; dans les trois trous de l'un des deux bancs on a mis des cartouches renfermant 200 grammes de poudre chacune, on a bourré avec l'épinglette et on a mis le feu avec un chalumeau de paille; dans les trois autres on a mis des cartouches de 120 grammes seulement avec des fusées pour amorce. L'effet produit a été le même dans les deux cas; on a remarqué seulement que les coups de mine amorcés avec les fusées ne produisaient qu'un bruit sourd. Cette

dernière circonstance a été considérée comme très-favorable dans cette carrière que forme maintenant une vaste chambre de 40 mètres de long, sur 25 mètres de large et environ 30 mètres de hauteur, et dans laquelle il n'y a d'autre chance d'accident à craindre que la chute de quelque bloc de pierre qui viendrait à se détacher subitement de la voûte ou des parois. Les fusées, accueillies avec faveur par les ouvriers dans cette carrière, y sont employées maintenant d'une manière exclusive, et commencent à être adoptées dans les carrières voisines.

Témoignages à l'appui.

M. Ruelle dans son rapport s'exprime ainsi à ce sujet : « Nos essais n'ont pas été assez prolon- » gés, en raison de la nature variable du rocher, » pour pouvoir apprécier l'économie qu'elles peu- » vent offrir sur la quantité de poudre; nous » sommes cependant persuadés qu'il y en a une » assez notable, et que la manœuvre de la charge » et surtout du bourrage, est plus expéditive qu'a- » vec l'épinglette et la canette, tout en exigeant » moins de précautions. »

M. Rolland, si l'on fait abstraction de la quantité de poudre nécessaire pour remplir les pailles, n'a trouvé qu'une économie insignifiante de 2 p. 0/0 pour la consommation de la poudre, sur un nombre total de 480 coups de mines. Les résultats des expériences faites dans les deux séries d'essais du Cantal et de Layon-et-Loire n'ont rien de concluant, attendu que les fusées n'y ont été considérées que comme *amorces*, sans qu'on changeât rien aux règles ordinaires pour la position, la dimension et la charge de chaque trou de mine; l'augmentation d'effet utile de la poudre allumée avec les fusées, a été employée en pure

perte à projeter plus loin les débris du rocher; ce qui semble le prouver, c'est que M. Rolland, dans les premiers coups qu'il a chargés lui-même, en remplaçant les trois cartouches que mettent ordinairement les mineurs dans un même trou par deux cartouches et demie, a obtenu l'effet maximum, car, dit-il, *la roche ne pouvait casser mieux;* il ajoutait que, les ouvriers payant eux-mêmes leur poudre, il y avait lieu de croire que l'expérience leur avait démontré la nécessité de mettre trois cartouches avec l'épinglette; la quantité de poudre est en effet assez faible, chaque cartouche ne renfermant que $43^{gr.}$,5 de poudre. Cette réduction d'une demi-cartouche donnerait une économie de 1/6 ou 16 à 17 p. 0/0.

Le capitaine William Davies, directeur de la mine de Fowey-Consols, annonce comme un fait bien constaté la diminution de la charge (voir la note C).

Difficultés de faire une expérience complète.

Des expériences directes et positives présenteraient de grandes difficultés, attendu qu'il faudrait acquérir avant tout la certitude que par le procédé ordinaire la consommation de poudre est aussi petite que possible, et il faudrait ensuite rechercher par tâtonnement quelles modifications il faut apporter au tirage à la poudre, soit dans la position et la dimension des trous, soit dans la charge de poudre; il faudrait ensuite opérer comparativement pendant un temps assez long, dans un terrain présentant les mêmes circonstances de ténacité, etc., etc. Pour faire des essais de ce genre, ou pour employer couramment les fusées, il vaudra mieux dans la plupart des cas, plutôt que de réduire la charge de poudre en diminuant la longueur de la cartouche ou le diamètre du trou,

écarter les trous les uns des autres, et faire agir chaque mine sur une masse plus considérable de rocher. En procédant ainsi, on ne réduira pas seulement la consommation de poudre, mais encore la dépense de la main-d'œuvre pour percer les trous, de l'entretien des outils, de l'éclairage, etc., économie beaucoup plus importante encore que celle que l'on peut faire sur la poudre, puisque son prix d'achat n'est qu'une fraction assez faible de la dépense totale. Pour le faire bien sentir, il suffira de reproduire ici le tableau donné par M. de Hennezel, dans son mémoire sur l'*abattage de la roche*, inséré dans le tome XV des *Annales des mines*, page 513, et dans lequel il indique le rapport des différents éléments de la dépense :

Poudre. . . .	127	
Papier. . . .	6	
Huile.	47	
Outils.	59	
Main-d'œuvre.	761	Le mineur à prix fait gagnant $2^{f},38$ par jour.
	1000	

Les coups de mine ratent très-rarement.

Les coups ratent moins souvent avec les fusées qu'avec l'épinglette; on trouvera là encore une économie dans la consommation de la poudre et dans la dépense de main-d'œuvre nécessaire soit pour débourrer la mine, soit pour en percer une autre.

Foncement des puits.

C'est surtout dans le foncement des puits et dans les galeries à travers bancs aquifères que cette source d'économie sera très-importante. J'ai obtenu à ce sujet des renseignements précis, qui m'ont été fournis par M. de Lagrange, directeur de la mine du Grand-Moloy, Saône-et-Loire. Dans le foncement d'un puits à travers un rocher très-

mouillé il était arrivé à constater, par suite des coups de mines qui rataient, une perte de poudre de 5 à 6 kilogr. par baril de 50 kilogr., soit environ 10 à 16 p. 0/0, quoiqu'il eût essayé tous les moyens ordinairement employés en pareil cas; il arrivait en outre qu'il fallait, avant de mettre le feu à la charge, renouveler deux ou trois fois l'amorce qui se trouvait éteinte par l'eau tombant au fond du puits. En employant les fusées de sûreté que je lui avais adressées, M. de Lagrange est arrivé à ce résultat que sur 320 coups de mine, dont 114 étaient dans un rocher très-mouillé, 196 dans un rocher très-submersible et complétement noyé au moment de l'explosion, et 10 dans le rocher sec, pas un seul n'a raté. Les trous avaient 0m,035 de diamètre, 0m,500 de profondeur moyenne, et les cartouches, faites en papier huilé et séché avec un fer chaud, renfermaient en moyenne 110 gr. de poudre; l'essai a été fait sur une quantité totale de 35 kil. de poudre. Les 10 à 16 p. 0/0 de poudre perdue ont donc été complétement économisés; en y comprenant la poudre des amorces perdues, à raison d'une amorce par trou en moyenne, on aurait encore 4 p. 0/0 d'économie à joindre aux 10 à 16 p. 0/0. Dans ces essais les fusées n'ont été envisagées que comme amorces.

Économie de temps.

L'économie de temps qui résulte de l'emploi de la fusée à la place de l'épinglette est très-notable, même dans les terrains secs, car tout le monde sait combien les mineurs perdent de temps à préparer leurs canettes, à les mettre à l'abri de l'humidité et des chocs, à les disposer dans le trou de l'épinglette, à y mettre le feu, etc., et les précautions qu'ils doivent prendre pour prévenir l'éboulement des parois de la lumière en retirant

l'épinglette. Cette économie de temps est surtout considérable dans le foncement des puits où le mineur est obligé d'employer toutes les ressources de son art pour assécher le trou de mine, ou rendre le rocher imperméable lorsqu'il est fissuré, pour mettre la charge et l'amorce à l'abri de l'eau qui s'accumule au fond du puits.

Inconvénients apparents et non réels.

A côté des avantages énumérés plus haut, la fusée de sûreté présente en apparence quelques inconvénients dont il importe de discuter la valeur.

Prix d'achat de la fusée.

Les frais d'acquisition de la fusée viennent, dans tous les cas, réduire l'économie qui résulte de leur emploi, et même dans certains cas assez fréquents dans les mines, lorsque la charge des trous est très-petite, l'économie faite sur la poudre pourra être absorbée par le prix de la fusée. En ne faisant attention qu'à la consommation de poudre et négligeant tous les autres éléments de réduction de la dépense, il faudra dans chaque cas particulier arriver à une certaine diminution dans la quantité de poudre consommée pour qu'il n'y ait pas augmentation de dépense. On peut représenter, par une formule très-simple, ce qui doit arriver pour qu'il y ait au moins égalité entre les deux procédés. En effet, soit A la quantité de poudre nécessaire pour faire jouer la mine dans le cas ordinaire, le tirage à l'épinglette se trouvant grevé d'une dépense à peu près constante (poudre pour l'amorce, pailles, mèches soufrées) que l'on peut évaluer à $0^{fr},02$ par coup de mine, en appelant x la quantité de poudre que l'emploi de la fusée permet d'économiser, l la longueur de la fusée que l'on peut supposer égale à la profondeur du trou, p le prix du mètre courant de fusée,

pour que la dépense d'acquisition de la fusée soit compensée par l'économie de poudre, il faudra que x satisfasse à l'équation suivante, dans laquelle $2^{fr.},20$ représente le prix du kilogramme de poudre :

$$A(2^{f},20)+0^{f},02=(A-x)\,(2^{f},20)+lp.$$

D'où

$$x=\frac{lp-0^{f},02}{2^{f},20} \quad \text{et} \quad \frac{x}{A}=\frac{lp-0{,}02}{A\,(2{,}20)}.$$

(Dans cette formule $\frac{x}{A}$ représente également l'augmentation de dépense qui résulterait de l'emploi de la fusée en conservant la même quantité de poudre, car lp — 0,02 représente l'augmentation de la dépense intrinsèque et A $(2^{fr.},20)$ la valeur de la poudre consommée. L'augmentation de dépense rapportée à la dépense de poudre pour la charge est $\frac{lp-0{,}02}{A\,(2{,}20)}=\frac{x}{A}$.) En donnant à l et A diverses valeurs, j'ai formé un tableau qui indique les valeurs de $\frac{x}{A}$ correspondantes ; j'ai supposé que la charge augmentait avec la profondeur du trou.

Valeurs de A.	Valeurs de l.	Valeurs de $\frac{x}{A}$
kil.	m.	f.
		p=0,10
0,050	0,40	0,18
0,100	0,50	0,13
0,150	0,50	0,09
0,200	0,60	0,09
0,300	0,60	0,06
0,400	0,80	0,07
0,500	1,00	0,07
1,000	1,50	0,05

On voit par ce tableau que le prix de vente

étant égal à $0^{fr.},10$, il suffira dans tous les cas d'une diminution peu considérable de la quantité de poudre consommée dans chaque trou de mine pour compenser les frais d'achat de la fusée. Les valeurs de $\frac{x}{A}$ seraient encore plus petites, si on avait tenu compte de l'économie de temps qui résulte de l'emploi des fusées, et de l'économie de poudre qui résulte de la diminution du nombre des ratés. On aurait ainsi trouvé une nouvelle somme de $0^{fr.},02$ au moins par coup de mine à joindre à la première, ce qui aurait considérablement réduit les valeurs du rapport $\frac{x}{A}$ inscrites dans la troisième colonne du tableau.

Réduction du nombre des coups de mine.

Cette comparaison a pour objet de faire voir l'influence que le prix d'achat de la fusée doit exercer sur la dépense de chaque trou de mine pris séparément; mais pour traiter la question sous son véritable point de vue, il faut tenir compte d'un élément beaucoup plus important, la main-d'œuvre, et chercher l'influence que l'emploi des fusées peut exercer sur l'ensemble des dépenses. Si l'on tire tout le parti possible de l'augmentation de force expansive qu'éprouve nécessairement la poudre comprise dans un espace entièrement fermé, on arrivera pour l'ensemble du travail à une réduction très-importante des frais d'abattage de la roche. En effet, en reprenant le tableau reproduit plus haut et emprunté à M. de Hennezel, et l'appliquant à une opération dans laquelle les trous de mine auraient $0^{m},40$ de profondeur et renfermeraient 50 gr. de poudre, ce qui diffère peu des circonstances qu'il a examinées, si l'on parvient à supprimer un seul coup

de mine sur vingt, on économisera d'abord 5 p. o/o sur la poudre, dont la valeur est représentée par $\frac{187}{1000}$, et ensuite 5 p. o/o sur les autres dépenses dont l'ensemble forme un total de $\frac{873}{1000}$. Supposons un travail qui ait occasionné une dépense totale de 1000 fr., répartie conformément à ce tableau, et supposons que pour exécuter le même travail avec les fusées, on fasse un trou de mine de moins sur vingt que par le procédé ordinaire, on économisera $\frac{1}{20}$ de la dépense totale, soit 50 fr., mais on dépensera en fusées une somme égale à $\frac{18}{100}$ du prix de la poudre consommée, soit $\left\{ 127 - \frac{127}{20} \right\} \frac{18}{100} = 21^{fr.},71$; on réaliserait une économie de $28^{fr.},29$, sur une somme totale de 1000 fr.; l'avantage serait encore plus grand si l'on avait tenu compte dans le calcul de la rapidité plus grande de la manœuvre. Par conséquent dans le cas le plus défavorable que j'aie supposé, avec des cartouches de 50 gr. seulement, la suppression d'*un* seul coup de mine sur *vingt* donnerait une économie en argent plus que suffisante pour payer la fusée, et montant en dernier compte à 2,8 p. o/o de la dépense totale. Une réduction d'*un* coup sur *dix* donnerait sur le chiffre total des frais d'abattage une économie de $76^{fr.},43$, soit environ 8 p. o/o. Or comme il paraît impossible que l'augmentation d'effet utile de la poudre, résultant de la suppression de la lumière, ne permette pas d'augmenter la masse de pierre abattue

par chaque coup de mine, de manière à supprimer au moins *un* coup sur *vingt*, il résulte de la discussion qui précède, qu'on retirerait, dans ce cas très-défavorable, un avantage réel de l'emploi des fusées.

J'ai cru devoir insister d'une manière toute particulière sur cette discussion, pour bien faire sentir aux personnes qui feront usage des fusées, qu'elles ne devront pas s'en rapporter aux résultats apparents, qui causeraient dans beaucoup de cas une augmentation de dépense sur l'un des éléments qui composent les frais d'abattage de la roche, quoiqu'il y ait sur l'ensemble une économie notable.

Les petites charges ne doivent pas être diminuées.

Ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de le dire, on devra conserver la charge ordinaire de poudre, toutes les fois qu'elle ne sera pas exagérée, comme cela se voit dans beaucoup d'exploitations mal entendues; et c'est en augmentant le rayon d'action des mines, soit en donnant aux trous plus de profondeur, soit en les écartant davantage des faces du rocher déjà dégagées, qu'on devra modifier les règles établies pour le tirage pour arriver à obtenir des fusées tout le parti possible.

Tout le monde s'accorde à reconnaître en Angleterre, que l'usage des fusées est une source d'économie; les fusées s'y vendent au même prix qu'en Franee, mais aussi la poudre de mine s'y vend à un prix beaucoup plus bas; au commencement de l'année 1843, elle se vendait dans le Cornwall à raison de 40 shillings les 100 #, soit 1 fr. le kilogramme; de telle sorte que, si l'avantage de ce nouveau procédé consistait seulement dans la diminution de la dépense de poudre, nous serions plus favorisés que nos voisins d'outre-Manche.

Digitized by Google

MM. Ruelle et Rolland signalent, comme un grave inconvénient, la fumée répandue par la combustion de la fusée. Il est constant que la fumée est plus épaisse lorsqu'on amorce la mine avec une fusée; mais cette fumée a un caractère tout à fait différent de celui qu'elle présente dans le procédé ordinaire. Celle-ci renferme une proportion très-appréciable d'hydrogène sulfuré et une quantité très-notable d'acide sulfureux, provenant de la combustion de la mèche soufrée, destinée à mettre le feu à la canette; la fusée en brûlant ne donne, indépendamment des produits ordinaires de la combustion de la poudre, que des matières inoffensives telles qu'il peut en résulter de la combustion du chanvre avec du goudron. Lorsque plusieurs mines ont été allumées à la fois avec des mèches soufrées, et c'est toujours ce moyen qu'on doit préférer dans le procédé actuel, l'air chargé d'acide sulfureux, devient suffocant et produit une irritation très-vive des organes de la respiration. Avec les fusées, au contraire, l'air ne renferme, indépendamment des produits ordinaires de la combustion de la poudre, que de la fumée bitumineuse, qui ne fait qu'augmenter l'obscurité; le mineur sera plus longtemps avant de voir très-distinctement les objets qui l'entourent, mais il pourra rentrer plus vite dans les excavations remplies de fumée et y séjourner sans danger. En outre, si l'air vicié par la fumée circule dans les parties fréquentées de la mine, il y arrivera sans être chargé d'un principe nuisible à la santé des ouvriers qu'elles renferment. Il est à remarquer enfin que la fusée emprisonnée dans la bourre, se carbonise seulement au lieu d'éprouver une incinération complète, comme cela arrive à

De la fumée produite par les fusées.

l'air libre (1). Il me paraît certain du reste, que l'augmentation de fumée signalée par ces deux ingénieurs, est le résultat de la combustion plus complète de la poudre dans la charge, et qu'en réalisant sur la consommation de poudre, l'économie que comporte ce nouveau procédé, ils auraient évité en grande partie cetinconvénient.

En Angleterre, la fumée a toujours été, au premier abord, une objection faite à l'emploi des fusées, mais lorsque les chefs ont eu de la persévérance, les ouvriers s'y sont habitués en peu de temps, et l'objection est restée sans valeur ; il n'a pas fallu un mois de pratique pour vaincre les préjugés les plus enracinés des mineurs. J'ajouterai à cela que, si la fumée était un inconvénient réel, on pourrait la réduire beaucoup en substituant dans les fusées ordinaires, un simple vernis à la couche épaisse de goudron, qui encroûte la corde et qui est moins utile en France qu'en Angleterre, où les fusées sont presque toujours transportées par eau.

On peut faire partir à la fois un grand nombre de coups de mine.

M. Ruelle a fait à l'emploi des fusées, une objection qui n'est pas plus fondée que la première. Il pense qu'il est impossible de faire partir 10 à 12 mines à la fois, au moment où les ouvriers quittent le travail et de les faire partir dans un ordre déterminé, tandis qu'avec les amorces ordinaires, on y parvient facilement ; je crois que la difficulté résulte surtout de l'inexpérience ou de la mauvaise volonté des ouvriers, car la fusée brû-

(1) J'ai constaté par une expérience directe qu'en brûlant un bout de fusée de 2 mètres de longueur, dans un espace entièrement fermé, de 9 à 10 mètres cubes de capacité, on pouvait y pénétrer immédiatement et y séjourner sans éprouver une gêne sensible.

Digitized by Google

lant graduellement, et ne pouvant dans aucun cas mettre instantanément le feu à la poudre, il semble que l'on peut, avec beaucoup plus de certitude, déterminer l'explosion successive. Si un seul ouvrier ne pouvait pas allumer 10 ou 12 mines à la fois, ce qu'il est difficile et dangereux dans tous les cas de tenter sans une grande consommation de mèches soufrées, on peut faire allumer les différentes mines par chacun des ouvriers qui les a faites, ou même revenir immédiatement après l'explosion, mettre le feu à celles qui n'auraient pas été allumées ou qu'il aurait été opportun de garder pour la fin; il serait impossible de le faire dans une atmosphère chargée d'acide sulfureux. On peut enfin se servir d'un moyen fort simple et fort ingénieux employé par M. Dufour, propriétaire d'anciens cavages de pierre à plâtre à Montmartre, pour l'écrasement desquels il fait usage avec le plus grand succès des fusées de sûreté. Ce moyen consiste, après avoir éméché l'extrémité des fusées, à l'imbiber d'essence de térébenthine qui prend feu instantanément au contact de la flamme d'une chandelle ou d'une lampe; l'essence brûle quelques instants, allume le goudron et le chanvre, et l'inflammation ne tarde pas à se transmettre à la poudre de la fusée; on peut ainsi mettre le feu à 15 ou 20 fusées voisines les unes des autres dans moins d'une demi-minute et toutes sont parfaitement allumées avant que, dans aucune d'elles, la traînée de poudre ait pris feu. Il me semble que dans le cas où se trouve la percée du Lioran dont chaque galerie atteint une longueur de 600 mètres sans puits d'aérage, il y aurait avantage à remplacer par de la fumée bitumineuse qui se condense

promptement l'acide sulfureux qui se produit en abondance dans le procédé ordinaire. J'ajouterai que lorsqu'on emploie les mèches soufrées l'explosion prématurée d'un coup de mine peut éteindre les amorces des autres, ce qui n'arrive pas avec les fusées.

Emploi des fusées pour quelques usages spéciaux.

Terrains aquifères.

L'emploi des fusées goudronnées est éminemment utile pour le foncement des puits ou l'ouverture des galeries dans des rochers aquifères, où il est toujours difficile et surtout coûteux d'étancher les trous de mine. Lorsque l'affluence de l'eau n'est pas très-considérable, et qu'elle n'arrive pas par des fissures du rocher, on peut se contenter de cartouches en papier graissé avec du suif ou de l'huile, mais lorsque l'eau est trop abondante, on se sert de cartouches en toile goudronnée; pour les fabriquer, on prend un mandrin en bois arrondi par le bout, dont le diamètre est de 1/8 de pouce plus petit que celui du trou, on enroule dessus un morceau de toile grossière coupée à la longueur et à la largeur convenables, on le coud sur le mandrin avec du gros fil; on façonne ainsi un sac que l'on retourne, on le remplit de sable, on fait une forte ligature à l'extrémité, et on le plonge dans un bain de goudron, auquel on a ajouté les ingrédients nécessaires pour lui faire prendre le degré de consistance convenable. Ces cartouches reviennent à 0f,10 la pièce environ. Au moment de s'en servir on vide le sable, et on remplit le sac de poudre; on fait à 7 ou 8 centimètres de l'extrémité de la fusée, une ligature en chanvre formant bourrelet; on l'introduit dans la cartouche, et on serre fortement les bords du sac sur la fusée, le bourrelet en chanvre empêche la fusée de s'arracher. On peut

substituer à ce moyen d'attache, celui que j'ai indiqué plus haut, et qui est bien plus simple et plus expéditif. On achève de souder la fusée à la cartouche en recouvrant la ligature d'un enduit de goudron qui ferme tout accès à l'eau. Je ne m'arrêterai pas sur les avantages que présente dans ce cas l'usage des fusées, ils sont trop évidents. On doit employer de préférence les fusées à double enveloppe (*sump fuse*) qui présentent des garanties beaucoup plus grandes pour la conservation de la poudre ; on peut cependant employer la fusée ordinaire, lorsqu'elle ne doit pas séjourner trop longtemps dans l'eau.

Tirage à la poudre sous l'eau.

Les fusées goudronnées font disparaître complétement une des grandes difficultés que présente le tirage à la poudre pour l'exploitation des rochers submergés dans le lit des rivières et dans les ports. On l'applique avec le plus grand succès à ce travail en Angleterre. Au lieu de loger la charge dans un tuyau en fer-blanc ou en étain, surmonté d'un petit tube arrivant jusqu'à la surface, et par lequel on projette sur la poudre un petit morceau de fer rouge, on se sert d'une cartouche goudronnée semblable à celle qui a été décrite plus haut, et à laquelle on a soudé une fusée de 2 mètres environ de longueur, au moyen d'un bon enduit de poix ou de goudron ; l'ouvrier conserve l'extrémité de la fusée dans la cloche à plongeur, bourre le trou avec du sable ou des recoupes de pierre, met le feu à la fusée, et donne un signal pour faire écarter la cloche à 8 ou 10 pieds de distance ; lorsque l'explosion a eu lieu, il donne un nouveau signal et revient à son travail.

Écrasement des carrières à piliers tournés.

On emploie maintenant à Montmartre, d'après les indications que j'ai données, les fusées de sû-

reté pour faire sauter les piliers des carrières de pierre à plâtre, dont l'exploitation est terminée. Cette opération, autrefois difficile et dangereuse, est devenue très-simple; après avoir amaigri un pilier tourné, autant qu'il est possible de le faire sans déterminer son écrasement immédiat, on fore dans ce pilier, suivant des directions différentes, une dizaine de trous de mine; on y place des cartouches pourvues de fusées, dont on imbibe au besoin l'extrémité d'essence de térébenthine; un ouvrier met le feu à toutes les fusées à la fois, et bat en retraite. Toutes les mines font explosion à peu près au même instant, ou successivement dans un ordre déterminé par la longueur de chaque fusée, le pilier vole en éclats et le ciel s'écrase instantanément; on conçoit du reste qu'on peut de même avec une très-grande facilité faire sauter simultanément plusieurs piliers. Dans certains cas, lorsque l'état du cavage serait trop compromettant pour la sûreté des ouvriers, ou lorsque des éboulements auront interdit l'accès de quelques parties du cavage, on pourra employer autrement les fusées de sûreté. Au-dessus des carrefours qu'il s'agira de faire écraser, on pourra percer un trou de sonde de 10 centimètres de diamètre jusqu'à 3 ou 4 mètres au-dessus du ciel, on descendra au fond du trou de sonde, suspendue à l'extrémité d'une fusée, une gargousse de 8 à 10 kilogrammes de poudre, on remplira le reste du trou avec du sable de rivière ou des débris de pierres tendres tassées avec la sonde, et on mettra le feu à l'extrémité de la fusée en saillie à l'orifice du trou. Ce moyen sera sans doute mis bientôt en usage à Montmartre pour faire écraser un cavage en ruine recou-

vert de 25 mètres environ de terres et de remblais.

Tirage à grandes charges.

Dans beaucoup d'autres cas, on peut avoir besoin de faire sauter des mines de plusieurs mètres de profondeur; indépendamment de la difficulté de la manœuvre de l'épinglette, si le trou est horizontal, il devient très-difficile et même impossible, au delà d'une certaine limite, de mettre une amorce assez longue pour porter le feu jusqu'à la cartouche. L'emploi des fusées permet de faire sauter sans aucune espèce de difficultés, avec un seul trou de mine et une grande quantité de poudre, des masses énormes de rocher : des opérations de ce genre sont pratiquées avec succès en Angleterre. (Voir la note D.)

Mines de guerre.

Il est probable enfin que l'on pourra tirer un grand parti des fusées pour faire jouer les mines de guerre.

Conclusions.

En résumant tout ce qui a été dit précédemment, j'arrive à poser les conclusions suivantes :

1° Les fusées de sûreté sont destinées à faire disparaître dans le travail du tirage à la poudre la plupart des accidents déplorables qui occasionnent chaque année la mort ou la mutilation d'un grand nombre d'ouvriers, principalement dans les travaux étrangers à l'exploitation des mines proprement dites;

2° Elles doivent amener une économie notable dans les frais d'abattage de la roche, soit en diminuant la consommation de poudre, soit plutôt en augmentant l'effet utile des mines;

3° Elles ne présentent pas d'inconvénients sérieux qui doivent faire reculer devant leur emploi.

Pièces justificatives.

Note A. *Copie d'une lettre écrite à MM. Bickford et Cie, par MM. James et Georges Thornton, constructeurs du railway de Brighton, le 13 novembre* 1841.

« Nous nous faisons un véritable plaisir de témoigner de la haute satisfaction que vos fusées nous ont donnée, et nous ne doutons pas que par la facilité et la sûreté de leur emploi nous ne leur devions la vie de plusieurs ouvriers. »

Note B. *Copie d'une lettre adressée aux mêmes par M. Williams Davies, directeur des mines Fowey-Consols, le* 31 *janvier* 1840.

« L'introduction de vos fusées patentées dans nos mines, pour l'opération si dangereuse du tirage à la poudre (particulièrement dans les endroits très-humides), nous a donné les meilleurs résultats, non-seulement en rendant l'explosion plus prompte et plus efficace, mais encore en réduisant le nombre des accidents affreux auxquels les ouvriers sont exposés. Maintenant nous avons malheureusement, sur cette mine, cinq mineurs aveugles qui reçoivent chacun une pension de 25 livres sterling par an, trois de ces hommes blessés avant l'emploi des fusées et deux très-peu de temps après leur introduction. Indépendamment de ceux-ci, nous avons eu plusieurs ouvriers tués et un grand nombre d'autres gravement mutilés par l'explosion inattendue de la mine; mais depuis sept années et demie que vos fusées sont devenues d'un usage général, nous avons à peine compté un accident du même genre, et nos agents non-seulement partagent mon opinion à cet égard, mais reconnaissent encore que leur usage est devenu maintenant tout à fait populaire parmi nos ouvriers, quoique leur adoption ait eu à lutter contre des préjugés fortement enracinés. Une autre circonstance est importante à constater, c'est que nos agents admettent qu'avec les fusées on peut diminuer la charge et le bourrage. »

Note C *Extrait d'une lettre en date du* 13 *mars* 1843, *écrite aux mêmes par MM. Lanyon père et fils, chirurgiens à Camborne*

« En réponse à votre question : *quelle était avant l'in-*

troduction des fusées dans les mines du Cornwall la proportion des accidents auxquels étaient exposés les mineurs? nous répondrons qu'après avoir pratiqué sur une grande échelle, comme chirurgiens dans le comté, pendant 55, 25 et 16 années, nous n'hésitons nullement à déclarer que le nombre des blessés a diminué des 9/10, et que la même réduction a eu lieu pour le nombre des morts. — *Signé* : Tobias, Edward et Richard Lanyon. »

Note D. *Extrait d'un mémoire du major général sir J. F. Burgoyne sur le tirage à la poudre, pages* 51 *et suivantes.*

« Les inconvénients et les pertes de temps résultant de la méthode ordinairement employée pour amorcer la mine et y mettre le feu ont été mentionnés plus haut. C'est la partie la plus délicate de toute l'opération. Mais heureusement une amélioration de la plus grande valeur a été apportée depuis quelques années à cette opération par l'invention des fusées brevetées de Bickford. L'emploi de cet appareil est extrêmement simple, il réussit dans les rochers mouillés et même sous l'eau, et des fusées d'une nature particulière sont fabriquées pour cet objet; elles ne ratent pour ainsi dire jamais, à moins d'une grande négligence de la part de l'ouvrier, et donnent une très-grande garantie contre les accidents.

Lorsqu'il est arrivé des accidents (ce qui a été extrêmement rare), ils ont été tout à fait indépendants de la fusée et n'ont été occasionnés que par la première application du bourroir sur la poudre.

La fusée ne laisse pas, comme l'épinglette, une grande ouverture par laquelle les produits de l'inflammation de la poudre peuvent s'échapper; et, en prenant tout en considération, l'on calcule que l'usage de la fusée est plus économique que l'amorce ordinaire, lors même que son prix tout à fait minime serait augmenté.

Au port de Kingstown, les fusées on été employées avec un succès complet dans des travaux où le tirage à la poudre se fait au moyen d'nne cloche à plongeur pour établir des fondations à 20 ou 30 pieds sous l'eau.

Les détails qui suivent sont extraits d'un mémoire de M. B. Mullins, l'un des entrepreneurs des travaux du port de Kingstown.

« Les travaux de tirage à la poudre ont été depuis plu-
» sieurs années et sont maintenant exécutés sur une grande

» échelle. Les fusées de sûreté de Bickford ont été invariablement employées dans nos ateliers depuis l'été de » 1833; nous les avons complétement adoptées comme » étant d'un effet plus sûr que l'amorce ordinaire, moins » dangereuses dans leur emploi, et enfin plus économiques malgré les apparences. Depuis leur introduction » jusqu'à ce jour, nous n'avons eu d'accident à déplorer » dans aucun de nos ateliers, quoique pendant cette période nous avons consommé 73.600 livres de poudre et » dépensé 288.719 journées d'ouvriers. Nous n'avons eu, » à ma connaissance, que deux ou trois coups de mine qui » aient raté, et cela par défaut de précaution des ouvriers, » qui ont employé des pierres qui ont coupé la fusée et » interrompu l'amorce. Nous avons usé pendant ce temps » 167.322 pieds courants de fusées. . . . . . .

» . . . . Dans l'emploi des fusées la charge peut être » logée à toutes les profondeurs nécessaires dans le rocher. » Nous avons dernièrement percé horizontalement, avec » une tarière de 5 pouces de diamètre, un trou de 20 pieds » 3/4 de profondeur dans le flanc de l'escarpement à » Dalkey, et nous y avons introduit une charge de 85 livres de poudre, qui a fait sauter une masse de rocher » de 200 tonnes, quantité qui n'aurait pu être déplacée » par un trou vertical ou oblique. Des tuyaux de paille » pourraient difficilement être préparés sur une aussi » grande longueur, et en supposant même que cela soit » possible, il y a une si grande perte de temps, une incertitude si grande en les employant dans des trous horizontaux d'une longueur bien moindre, qu'on ne peut » faire aucune comparaison pour la facilité du travail entre » les deux procédés.

» La fusée présente un autre avantage, c'est qu'on peut » faire partir simultanément un nombre quelconque de » mines, tandis qu'avec les chalumeaux de paille et les » canettes en papier on ne peut pas allumer plus de trois » trous à la fois, si on veut laisser à l'ouvrier le moyen de » s'éloigner à temps.

» Dans les roches mouillées, la fusée fait tout autant » d'effet que dans les roches sèches; quand on rencontre » des fissures aquifères en perçant le trou de mine, ce qui » a lieu souvent, le trou se remplit d'eau, et il est nécessaire, dans l'ancien procédé, de l'assécher complétement. . . . .

» . . . . Après avoir passé une demi-journée à sécher le » trou, à le bourrer et à l'amorcer, il arrive encore que » l'eau a atteint la poudre et que l'ouvrier a perdu son » temps. Dans ce cas la fusée fournit un remède efficace » à ces inconvénients : un sac imperméable renfermant la » poudre, et garni d'une fusée de longueur suffisante, est » poussé au fond du trou et recouvert d'une bourre ; on y » met ensuite le feu, et l'explosion se produit avec autant » de certitude que dans un endroit tout à fait sec.

» Le tirage à une grande profondeur sous l'eau, qui » s'exécute au moyen de la cloche à plongeur, devient re- » lativement facile par l'emploi de la fusée, quand on le » compare avec le procédé incommode et coûteux employé » auparavant. (Suit la description de l'ancien et du nou- » veau procédé.)

» En jetant les fondations du mur du quai du Com- » merce (en grande partie sur le roc), à 22 pieds sous » l'eau par une marée de printemps, et en faisant les dé- » blais pour fonder la jetée de l'est à 28 pieds sous l'eau » à la basse mer (la marée s'élève à 12 pieds dans cet en- » droit), nous avons suivi avec beaucoup de succès la mé- » thode ci-dessus décrite.

» Je joins ici l'état des hommes tués ou grièvement bles- » sés, par l'emploi de l'ancien procédé, dans les carrières » ouvertes pour les travaux du port de Kingstown, avant » l'introduction de la fusée. L'état des accidents arrivés » dans les quinze premières années contient les noms de » trente individus, dont deux furent blessés deux fois ; ce » qui fait trente-deux accidents, et par conséquent plus » de deux par an. Sur ce nombre il y a eu sept ouvriers » tués, quatre ont perdu un œil, un les deux yeux, et » vingt ont été dangereusement blessés. Pendant les huit » dernières années (1), un seul homme a été blessé, et » encore est-ce avant l'introduction de la fusée. »

M. Mullins indique comme formant un bon enduit pour les cartouches imperméables un mélange de

8 parties de goudron en poids.
1 — de cire d'abeilles —
1 — de suif —

(1) Ce passage fait voir que le mémoire du major Burgoyne, qui ne porte aucune date, a été écrit au plus tôt dans le commencement de l'année 1841.

NOTE E. *Consommation de la poudre de mine en France.*

Il résulte du compte rendu de la vente exclusive des poudres par l'administration des contributions indirectes, qu'en 1841 la consommation de la poudre de mine s'est élevée à 1.132.941 kilogrammes. La consommation moyenne de chaque département s'est élevée à 13.173kil.,73. Les treize départements qui ont consommé le plus de poudre de mine sont les suivants :

	k.		k.
Bouches-du-Rhône.	125.239	Seine-et-Oise. . .	31.546
Meurthe.	55.218	Loire.	31.213
Seine.	51.650	Mayenne.	31.093
Gard.	40.894	Maine-et-Loire. .	27.022
Rhône.	37.081	Loire-Inférieure.	31.546
Ardèche.	33.861	Saône-et-Loire. .	26.303
Nord.	33 081		

Quatre départements n'ont eu qu'une consommation très-faible :

Somme. . .	83 kil.	Meuse. . .	226 kil.
Aube. . . .	100	Indre. . .	300

En estimant à 200 grammes la charge moyenne des trous de mine et à 0m,60 la longueur moyenne des fusées nécessaires pour les amorcer, il faudrait pour la consommation de 1841, en supposant que les fusées remplacent partout l'épinglette, 3.398.824 mètres de fusées.

NOTE DES FABRICANTS.

Depuis l'époque où M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics chargeait M. Le Chatelier d'étudier le nouveau moyen offert par nos fusées de sûreté pour le tirage à la poudre dans les mines et tous les travaux au rocher, nous avons introduit, dans notre fabrication, différents perfectionnements que nous indiquons ci-après, lesquels consistent particulièrement dans le choix et l'appropriation de nouvelles substances servant à revêtir l'enveloppe extérieure des fusées.

Nous fabriquons actuellement trois genres différents de fusées : le premier, que nous nommons *fusées goudronnées*, pour le tirage à la poudre dans le rocher sec ou simplement humide ; le second, *fusées blanches* (sans enduit de goudron), pour le tirage des mines dans les galeries où l'aérage est difficile ; le troisième, *fusées Gutta-Perka*, ou recouvertes de cette substance, pour le tirage sous l'eau à toute profondeur, que nous recommandons spécialement pour le foncement des puits, en ce qu'elles ne donnent aucune odeur ni fumée étrangère à celle de la poudre.

Les fusées sont vendues par rouleaux de 10 mètres et par barils de 100 à 200 rouleaux; il est essentiel d'indiquer le genre de travaux auxquels ces fusées sont destinées, afin qu'il n'y ait aucune erreur commise dans l'envoi.

Des cartouches imperméables pour le tirage des mines

Digitized by Google

dans le rocher aquifère ou sous-marin sont aussi vendues avec les fusées de sûreté. Les cartouches que nous fabriquons d'après le diamètre et la profondeur des coups de mines auxquels on les destine, reviennent (modèle ordinaire) à 60 c. la douzaine, et remplacent, avec une incontestable supériorité et une grande économie, tous les moyens employés auparavant, mais plus spécialement les canettes avec tubes en fer-blanc.

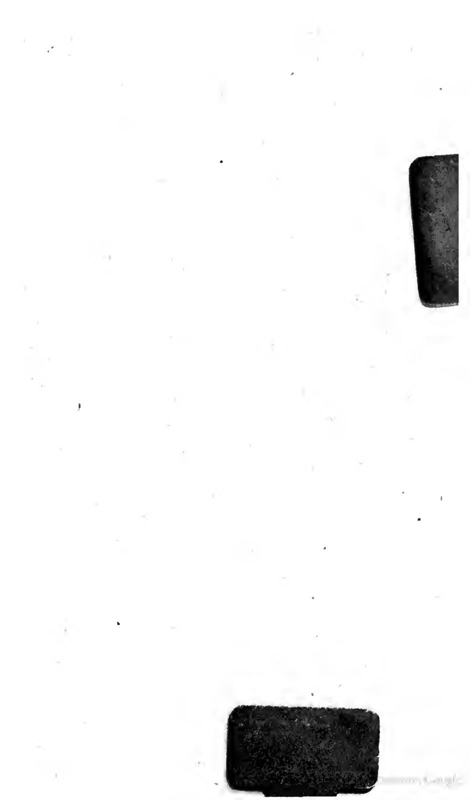
Nous nous empresserons d'adresser aux personnes qui nous en feront la demande, des échantillons des trois genres de fusées indiquées plus haut, ou leur indiquerons le nom des dépositaires de nos produits qui se trouvent dans le voisinage qu'elles habitent.

BICKFORD, DAVEY ET CIE,

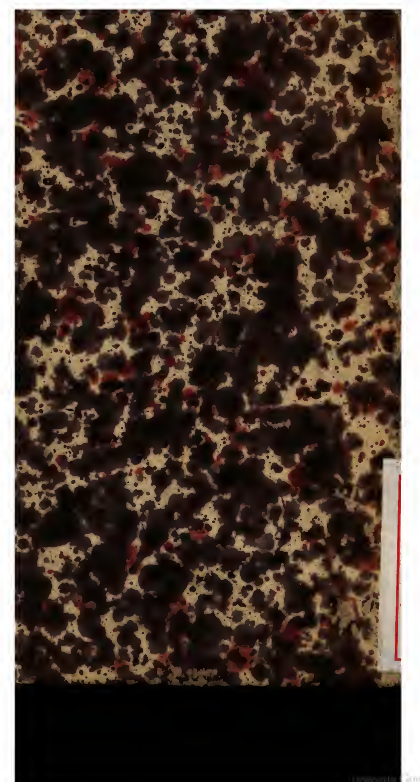
Fabricants de fusées de sûreté, aux Chartreux-lès-Rouen.

678863

Digitized by Google



Digitized by Google



Digitized by Google